



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Gebrauchsmusteranmeldung

Aktenzeichen: 201 09 957.8

Anmeldetag: 15. Juni 2001

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Schaltungsanordnung zum Steuern der einer Last
zugeführten Leistung

IPC: H 03 K 17/08

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Gebrauchsmusteranmeldung.

München, den 8. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stanschus

Beschreibung

Schaltungsanordnung zum Steuern der einer Last zugeführten Leistung

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schaltungsanordnung zum Steuern der einer Last zugeführten Leistung mit einem in Reihe zur Last angeordneten steuerbaren selbstleitenden Halbleiterschalter.

10

In der Regel sind die in der Leistungselektronik verwendeten Halbleiterschalter, beispielsweise IGBTs, MOSFETs, Thyristoren oder GTOs, selbstsperrend. Dabei haben Halbleiterschalter auf der Basis von Siliziumkarbid SiC im Vergleich mit Halbleiterschaltern auf Siliziumbasis aufgrund ihrer hohen Spannungsfestigkeit, ihres geringen Widerstandes im leitenden Zustand und ihrer Eignung für sehr hohe Schaltfrequenzen hervorragende Eigenschaften, die ihren Einsatz erstrebenswert machen. Selbstsperrende Schalter auf der Basis von Siliziumkarbid SiC sind jedoch gegenwärtig kommerziell nicht verfügbar.

20

25

Aus ISPSD 2000 - 12th IEEE International Symposium on Power Semiconductor Devices & ICS, Toulouse, P. Friedrichs et al, "SiC Power devices with low on-resistance for fast switching applications", S. 213-216, ist es bekannt, einen selbstleitenden VJFET-Schalter (VJFET=Vertical Junction FET) auf der Basis von Siliziumkarbid SiC mit einem selbstsperrenden MOSFET zu einer Kaskode zu kombinieren, so dass nach außen wiederum ein selbstsperrendes elektronisches Bauelement entsteht.

30

35

In Anwendungen, beispielsweise bei einer Stromversorgung, in denen eine Schaltungsanordnung zum Steuern der einer Last zugeführten Leistung immer dann wenn sie an Spannung liegt auch mit Leistung versorgt wird, d. h. in Betrieb ist, ist es jedoch nicht zwingend notwendig, dass ein in dieser Schaltungs-

anordnung als Leistungsschalter eingesetzter Halbleiterschalter selbstsperrend ist. Vielmehr kann in solchen Anwendungen grundsätzlich auch ein selbstleitender steuerbarer Halbleiterschalter alleine zum Einsatz kommen. Dabei ergibt sich jedoch das Problem, dass mit Anlegen der Versorgungsspannung an die Schaltungsanordnung der Stromfluss durch den selbstleitenden Halbleiterschalter beginnt. Daher besteht die Notwendigkeit, innerhalb kürzester Zeit eine Ansteuereinrichtung für den selbstleitenden Halbleiterschalter betriebsfähig zu machen, die diesen abschalten kann, bevor eine Betriebsstörung, beispielsweise ein Überstrom, auftritt.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zum Steuern der einer Last zugeführten Leistung mit einem in Reihe zur Last angeordneten steuerbaren Halbleiterschalter anzugeben, die einfach aufgebaut ist und auch die Verwendung eines selbstleitenden steuerbaren Halbleiterschalters ermöglicht.

Die genannte Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst mit einer Schaltungsanordnung mit den Merkmalen des Patentanspruches 1. Gemäß diesen Merkmalen sind in Reihe zu einer Last ein selbstleitender Halbleiterschalter sowie eine erste Energiespeicherschaltung angeordnet, die einen ersten Energiespeicher und einen in Reihe dazu geschalteten ersten Gleichrichter umfasst, wobei ein Anschluss des ersten Energiespeichers mit demjenigen Anschluss des selbstleitenden Halbleiterschalters verbunden ist, auf den dessen Steuerpotential bezogen ist. Zu dieser Energiespeicherschaltung ist parallel ein zweiter steuerbarer Halbleiterschalter geschaltet. Dem ersten und dem zweiten steuerbaren Halbleiterschalter ist eine Steuerschaltung zugeordnet, die vom ersten Energiespeicher versorgt wird und den zweiten steuerbaren Halbleiterschalter öffnet bzw. schließt, wenn die Spannung am ersten Energiespeicher einen vorgegebenen ersten Wert überschreitet bzw. einen vorgegebenen zweiten Wert unterschreitet.

Der mit dem Anlegen der Netzspannung über die Last und den selbstleitenden Halbleiterschalter fließende Strom wird somit zunächst durch den Energiespeicher und den Gleichrichter geleitet. Die sich am Energiespeicher aufbauende Spannung versorgt die Steuerschaltung, die sowohl den selbstleitenden Halbleiterschalter als auch den Hilfsschalter steuert. Wenn die Spannung am ersten Energiespeicher einen vorgegebenen ersten Wert überschreitet bzw. einen vorgegebenen zweiten Wert unterschreitet, wird durch die Steuerschaltung der Hilfsschalter geschlossen bzw. geöffnet. Durch diese Maßnahme ist sichergestellt, dass die Spannung am ersten Energiespeicher stets ausreicht, um die Funktion der Steuerschaltung aufrecht zu erhalten.

Vorzugsweise unterscheiden sich erster und zweiter Wert, wobei der erste Wert betragsmäßig größer ist als der zweite Wert. Auf diese Weise wird eine Schalthysterese realisiert und die Schalthäufigkeit des Hilfsschalters verringert.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Steuerschaltung derart ausgelegt, dass sie den steuerbaren Hilfsschalter nur dann schaltet, wenn der selbstleitende Halbleiterschalter geöffnet ist. Da der Hilfsschalter stromlos geschaltet wird, fallen keine Schaltverluste an. Außerdem wird die Potentialverschiebung am ersten Energiespeicher sowie an den daran angeschlossenen Verbrauchern und somit die EMV-Abstrahlung minimiert.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform sind Mittel zum Korrigieren der Einschaltdauer des selbstleitenden Halbleiterschalters in Abhängigkeit vom Schaltzustand des Hilfsschalters vorgesehen, wobei insbesondere die Einschaltdauer (Tastverhältnis) des selbstleitenden Halbleiterschalters bei geöffnetem Hilfsschalter erhöht ist. Dadurch kann die durch die Aufladung des ersten Energiespeichers verringerte Leistungsaufnahme der Last kompensiert werden, indem vorzugsweise die Einschaltdauer des selbstleitenden Halbleiterschalters so

verlängert wird, dass das Integral der Spannung an der Last über die Einschaltdauer (Spannungszeitfläche) gleich der Spannungszeitfläche ist, die an der Last anliegen würde, wenn der Hilfsschalter geschlossen wäre.

5

Insbesondere umfasst die Steuerschaltung eine Überwachungseinrichtung zum Überwachen der Spannung des ersten Energiespeichers und zum Erzeugen eines Schaltsignals zum Schließen des selbstleitenden Halbleiterschalters, wenn diese Spannung bei geöffnetem Hilfsschalter einen vorgegebenen Grenzwert unterschreitet.

10

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist als selbstleitender Halbleiterschalter ein SiC-VJFET, insbesondere ein strombegrenzender SiC-VJFET vorgesehen. Dadurch ist sichergestellt, dass der Laststrom auch bei einer gegebenenfalls erforderlichen längeren Aufladedauer des ersten Energiespeichers zulässige Grenzwerte nicht überschreitet.

15

20

Als erster Energiespeicher ist in einer besonders einfachen Ausführungsform der Erfindung insbesondere ein Kondensator vorgesehen, der vorzugsweise derart ausgelegt ist, dass die Resonanzfrequenz des aus einem induktiven Anteil der Last und dem Kondensator gebildeten Schwingkreises sehr viel kleiner als die niedrigste Schaltfrequenz des selbstleitenden Halbleiterschalters ist.

25

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist dem Hilfsschalter eine zweite Energiespeicherschaltung parallel geschaltet, die einen zweiten Energiespeicher sowie einen in Reihe dazu zwischen diesem und dem selbstleitenden Halbleiterschalter geschalteten zweiten Gleichrichter umfasst. Dadurch wird über dem zweiten Energiespeicher eine Versorgungsspannung bereitgestellt, mit der weitere Verbraucher versorgt werden können, die gegenüber der Versorgungsspannung ein festes Bezugspotential aufweisen müssen.

30

35

Ergänzend hierzu ist in einer weiteren Ausgestaltung dem ersten Gleichrichter eine dritte Energiespeicherschaltung parallelgeschaltet, die eine Reihenschaltung aus einem dritten Gleichrichter und einem dritten Energiespeicher umfasst, und
5 die gemeinsam mit der zweiten Energiespeicherschaltung eine bipolare Versorgungsspannung erzeugt.

In einer weiteren Ausgestaltung ist eine Schutzeinrichtung zum Erfassen des durch den selbstleitenden Halbleiterschalter
10 fließenden elektrischen Stromes vorgesehen, die vorzugsweise eine bistabile Kippstufe umfasst, und die ein Steuersignal zum Öffnen des selbstleitenden Halbleiterschalters generiert, wenn dieser einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet. Wenn
als selbstleitender Halbleiterschalter ein strombegrenzender
15 SiC-VJFET verwendet wird, kann eine träge Schutzeinrichtung mit langsamer Reaktionszeit vorgesehen werden, die besonders einfach und robust aufgebaut werden kann.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Ausführungsbeispiele der Zeichnung verwiesen. Es zeigen:
20

FIG 1 eine Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung in einem Prinzipschaltbild,

25 FIG 2 die Schalthysterese des Hilfsschalters in einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung,

FIG 3-5 Diagramme, in denen jeweils das Steuersignal für den selbstleitenden Halbleiterschalter, die Spannung am ersten Energiespeicher und das Steuersignal für den Hilfsschalter gegen die Zeit aufgetragen sind,
30

FIG 6 eine weitere Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung ebenfalls in einem Prinzipschaltbild,
35

- FIG 7 eine Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung mit einem p-Kanal-VJFET,
- 5 FIG 8a,b prinzipielle Anordnungen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung relativ zur Last,
- FIG 9 als Anwendungsbeispiel für die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung einen Hochsetzsteller,
- 10 FIG 10 als weiteres Anwendungsbeispiel für die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung einen Sperrwand-
ler,
- 15 FIG 11 die Anwendung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung in einer Brückenschaltung,
- FIG 12 die Anwendung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung in einem Tiefsetzsteller,
- 20 FIG 13,14 jeweils eine Schaltungsanordnung, bei der mit Hilfe weiterer Energiespeicher eine unipolare bzw. bipolare Versorgungsspannung für weitere Verbraucher erzeugt wird,
- 25 FIG 15 eine Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung, die zusätzlich über eine Überstromschutzeinrichtung für den selbstleitenden Halbleiterschalter verfügt,
- 30 FIG 16, 17 weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung, bei der als Hilfsschalter ein p- bzw. n-Kanal-MOSFET eingesetzt wird.
- 35 Gemäß FIG 1 ist eine Last 2 in Reihe mit einem selbstleitenden Halbleiterschalter 4, einem ersten Energiespeicher 6a, im Beispiel ein Kondensator, und einem ersten Gleichrichter 8a,

im Beispiel eine Diode, an eine Spannungsquelle 10 angeschlossen. Der selbstleitende Halbleiterschalter 4 ist vorzugsweise ein VJFET, insbesondere ein strombegrenzender VJFET, auf der Basis von Siliziumkarbid SiC (SiC-VJFET). Im Ausführungsbeispiel ist ein n-Kanal VJFET dargestellt, bei dem der Stromfluss von der Spannungsquelle 10 über die Last 2 zum Halbleiterschalter 4 fließt.

Die aus erstem Energiespeicher 6a und erstem Gleichrichter 8a gebildete erste Energiespeicherschaltung 9a ist dabei derart in Reihe zum selbstleitenden Halbleiterschalter 4 geschaltet, dass ein Anschluss des ersten Energiespeichers 6a mit demjenigen Anschluss verbunden ist, im Ausführungsbeispiel der Sourceanschluss des VJFET, auf den dessen Steuerpotential bezogen ist. Im Ausführungsbeispiel (n-kanal-VJFET) ist der erste Energiespeicher 9a dem Halbleiterschalter nachgeschaltet, da zum Abschalten unter das Sourcepotential angesenkt werden muss.

Parallel zu der ersten Energiespeicherschaltung 9a ist ein steuerbarer Hilfsschalter 12 geschaltet. Der durch die Last 2 und den selbstleitenden Halbleiterschalter 4 fließende Strom I fließt bei geöffnetem Hilfsschalter 12 über den ersten Energiespeicher 6a und den ersten Gleichrichter 8a. Bei geschlossenem Hilfsschalter 12 wird die erste Energiespeicherschaltung 9a überbrückt, so dass der durch die Last 2 und den selbstleitenden Halbleiterschalter 4 fließende Strom I über den geschlossenen Hilfsschalter 12 fließt, wie dies in der FIG durch den gestrichelten Pfeil veranschaulicht ist. Der erste Gleichrichter 8a verhindert in diesem Fall die Entladung des ersten Energiespeichers 6a über den geschlossenen Hilfsschalter 12.

Dem selbstleitenden Halbleiterschalter 4 und dem Hilfsschalter 12 ist eine Steuerschaltung 14 zugeordnet, die die zum Schalten des Halbleiterschalters 4 und des Hilfsschalters 12 erforderlichen Steuersignale S1 bzw. S2 generiert. Im Ausführungs-

rungsbeispiel der FIG umfasst die Steuerschaltung 14 eine erste und eine zweite Ansteuereinheit 16 bzw. 18 zum Generieren der Steuersignale S1 bzw. S2.

5 Selbstleitender Halbleiterschalter 4, Hilfsschalter 12, Steuerschaltung 14 mit der in ihr enthaltenen Energiespeicherschaltung 9a sowie der Gleichrichter 9a bilden ein n-Kanal-Schaltelement 15a, wobei alle oder eine Teilmenge dieser Bauelemente monolithisch integriert in einem Bauteil aufgebaut
10 sein kann.

In der zweiten Ansteuereinheit 18 wird die über dem Energiespeicher 6a anliegende Spannung U mit einem ersten Wert $U_{ref} + \Delta U_1$ bzw. einem zweiten Wert $U_{ref} - \Delta U_2$ ($\Delta U_1, \Delta U_2 > 0$) vergli-
15 chen. Solange die Spannung U am ersten Energiespeicher 6a den vorgegebenen ersten Wert $U_{ref} + \Delta U_1$ von unten kommend unterschreitet, wird der durch den selbstleitenden Halbleiterschalter 4 fließende Strom I durch den ersten Energiespeicher 6a und den Gleichrichter 8a geleitet (12=GEÖFFNET). Er-
20 reicht die Spannung U am ersten Energiespeicher 6a von unten kommend den vorgegebenen ersten Wert $U_{ref} + \Delta U_1$, wird der Strom I durch Schließen des Hilfsschalters 12 am ersten Energiespeicher 6a vorbeigeführt (12=GESCHLOSSEN). Sobald die
Spannung U am ersten Energiespeicher 6a von oben kommend den
25 vorgegebenen zweiten Wert $U_{ref} - \Delta U_2$ unterschreitet, wird der Hilfsschalter 12 geöffnet, so dass über den Strom I dem Energiespeicher 6a wieder Energie zugeführt wird. Dieses Hystereseverhalten ist in FIG 2 grafisch veranschaulicht (Zweipunktregler).

30 In FIG 3,4 und 5 sind das Steuersignal S1 für den selbstleitenden Halbleiterschalter 4, die Spannung U über dem Energiespeicher 6a sowie das Steuersignal S2 für den Hilfsschalter 12 jeweils gegen die Zeit aufgetragen. Bei geöffnetem Hilfsschalter 12 (Steuersignal S2="AUS") steigt die Spannung U am
35 Energiespeicher 6a gemäß FIG 4 stetig an, bis sie den vorgegebenen ersten Wert $U_{ref} + \Delta U_1$ überschreitet. Die zweite An-

steuereinheit 18a setzt das Steuersignal S2 auf „EIN“, der Hilfsschalter 12 wird geschlossen und die Spannung U am Energiespeicher 6a beginnt allmählich entsprechend dem Leistungsbedarf der Steuerschaltung 14 zu sinken.

5

Die erste Ansteuereinheit 16 generiert die Steuersignale S1 für den selbstleitenden Halbleiterschalter 4 entsprechend den Anforderungen an den Leistungsbedarf der Last 2. Die Spannung U am Energiespeicher 6a erreicht allmählich den zweiten Wert $U_{ref} - \Delta U_2$, das Steuersignal S2 für den Hilfsschalter 12 wird auf „AUS“ gesetzt, und die Spannung U am ersten Energiespeicher 6a beginnt erneut zu steigen, sobald das Steuersignal S1 für den selbstleitenden Halbleiterschalter 4 auf „EIN“ gesetzt ist. Während der Einschaltzeiten des selbstleitenden Halbleiterschalters 4 steigt somit die Spannung U abschnittsweise an, bis sie erneut den ersten Wert $U_{ref} + \Delta U_1$ erreicht und der Hilfsschalter 12 erneut geöffnet wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform werden die Schaltzeitpunkte t_i, t_{i+1}, \dots so gewählt, dass diese jeweils in Zeitintervalle Δt fallen, in denen der selbstleitende Halbleiterschalter 4 geöffnet ist. Hierzu ist es erforderlich, dass die zweite Ansteuereinheit 18 ein Freigabesignal S3 zur Freigabe des Schaltbefehls verarbeitet, das gemäß dem in FIG 6 veranschaulichten Ausführungsbeispiel von der ersten Ansteuereinheit 16 bereitgestellt wird.

Im Ausführungsbeispiel gemäß FIG 7 ist anstelle eines n-Kanal-VJFET ein p-Kanal-VJFET verwendet. In diesem Fall muss das Gatepotential zum Abschalten über das Sourcepotential angehoben werden, so dass die Energiespeicherschaltung 9a dem selbstleitenden Halbleiterschalter 4 vorgeschaltet werden muss. Die gesamte Schaltanordnung bildet dann in Analogie zum Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ein p-Kanal-Schaltelement 15b.

In den FIG 8a,b ist veranschaulicht, dass n-Kanal-Schaltelement 15a und p-Kanal-Schaltelement 15b der Last 2 sowohl vor- als auch nachgeschaltet sein können.

5 Durch die Umleitung des Stromflusses über den Energiespeicher 6a wird an der Last 2 eine geringere Spannungszeitfläche (Integral der Spannung über die Zeit) angelegt, als dies bei geschlossenem Hilfsschalter 12 der Fall ist. Vorzugsweise wird deshalb während der Zeiten, in denen der Hilfsschalter
10 12 geöffnet ist, mit einer beispielsweise in der ersten Ansteuerschaltung 16 oder in einer diese steuernde übergeordnete Steuereinrichtung implementierten Logik die Einschaltdauer des selbstleitenden Halbleiterschalters 4 während der Ausschaltzeit des Hilfsschalters 12 so verlängert, dass auch in
15 dieser Ausschaltzeit diejenige Spannungszeitfläche an der Last 2 anliegt, die sich ergeben würde, wenn der Hilfsschalter 12 geschlossen wäre.

Im Ausführungsbeispiel gemäß FIG 9 findet die Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung Anwendung in einem Hochsetzsteller. In dieser Anwendung ist bei der Auslegung des ersten Energiespeichers 6a zu berücksichtigen, dass der durch den selbstleitenden Halbleiterschalter 4 fließende Strom im Bereich des Nulldurchgangs der Eingangsspannung sehr klein ist.
20 In diesem Anwendungsfall ist Voraussetzung für die Anwendbarkeit der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung, dass der Hochsetzsteller nicht im Leerlauf betrieben werden muss und die Leistungsaufnahme der Last stets so hoch ist, dass der selbstleitende Halbleiterschalter 4 eine ausreichend lange
25 Zeit eingeschaltet ist, um die Spannung am ersten Energiespeicher 6a aufrechtzuerhalten.
30

Dies gilt auch für das in FIG 10 dargestellte Ausführungsbeispiel, in dem die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung in einem Sperrwandler eingesetzt wird.
35

Im Ausführungsbeispiel gemäß FIG 11 ist die Anwendung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung in einer symmetrischen Halbbrückenschaltung veranschaulicht, die gegen einen kapazitiven Sternpunkt arbeitet. In dieser Ausführungsform kann es durch Toleranzen in der Belastung des ersten Energiespeichers 6a durch die Steuerschaltung 14 zu Unsymmetrien bzw. Gleichanteilen in der Spannung an der Last 2 kommen. Diese führen zu einer ungleichmäßigen Aufteilung der Zwischenkreisspannung auf die beiden in Reihe geschalteten Zwischenkreiskondensatoren 20,22. Diese durch die Toleranz der Belastung der Energiespeicher 6a entstehende Unsymmetrie kann durch geeignete Auslegung der Symmetrierwiderstände 24,26 zu den Zwischenkreiskondensatoren 20,22 eliminiert werden. Ergänzend oder alternativ hierzu ist es auch möglich, die Schaltzustände der selbstleitenden Halbleiterschalter 4 zu erfassen und die Steuersignale S1 bei geöffnetem Hilfsschalter 12 so zu verlängern, dass diejenige Spannungszeitfläche an der Last 2 anliegt, die anliegen würde, wenn der Hilfsschalter 12 geschlossen wäre.

FIG 12 zeigt die Verwendung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung in einem Tiefsetzsteller. Dies ist möglich, falls dessen Ausgangsspannung U_a nicht auf Null bzw. nicht höher als auf einen Wert, der der Differenz zwischen Eingangsspannung U_N und Spannung U ($U_N - U$) am Energiespeicher 6a entspricht, eingestellt werden muss.

Im Ausführungsbeispiel gemäß FIG 13 ist der Reihenschaltung aus erstem Energiespeicher 6a und erstem Gleichrichter 8a eine aus einer Reihenschaltung aus zweitem Gleichrichter 8c und zweiten Energiespeicher 6b aufgebaute zweite Energiespeicherschaltung 9b parallel geschaltet, wobei der zweite Gleichrichter 8b zwischen selbstleitendem Halbleiterschalter 4 und zweiten Energiespeicher 6b geschaltet ist. Bei eingeschaltetem selbstleitenden Halbleiterschalter 4 und ausgeschaltetem Hilfsschalter 12 teilt sich der durch die Last 2 fließende Strom I auf die Strompfade I_1 und I_2 über den ersten Energie-

speicher 6a bzw. den zweiten Energiespeicher 6b auf. An den beiden Energiespeichern 6a, 6b stellt sich somit die gleiche Spannung U ein. Der zweite Energiespeicher 6b ist unabhängig vom Schaltzustand des selbstleitenden Halbleiterschalters 4 und des Hilfsschalters 12 immer mit dem Minuspotential des Zwischenkreises verbunden. In diesem Ausführungsbeispiel können somit vom zweiten Energiespeicher 6b weitere Verbraucher 30 versorgt werden, die gegenüber der Versorgungsspannung (Eingangsspannung U_N) ein festes Bezugspotential einnehmen sollen.

Gemäß FIG 14 ist parallel zum ersten Gleichrichter 8a eine ebenfalls aus einer Reihenschaltung eines dritten Gleichrichters 8c und eines dritten Energiespeichers 6c aufgebaute dritte Energiespeicherschaltung 9c derart geschaltet, dass sich bei geschlossenem Hilfsschalter 12 ein Stromfluss vom ersten Energiespeicher 6a über den Hilfsschalter 12, den dritten Energiespeicher 6c und den dritten Gleichrichter 8c einstellt, wobei im Ausführungsbeispiel bei den als Gleichrichter verwendeten Dioden die Kathode der Diode des dritten Gleichrichters 8c an die Anode der Diode des ersten Gleichrichters 8a angeschlossen ist.

Wenn der Hilfsschalter 12 geschlossen ist, wird Energie aus dem ersten Energiespeicher 6a in den dritten Energiespeicher 6c abgegeben. Da die Energie für den dritten Energiespeicher 6c im ersten Energiespeicher 6a zwischengespeichert wird, muss die (Speicher-)Kapazität des dritten Energiespeichers 6c deutlich kleiner sein als die (Speicher-)Kapazität des ersten Energiespeichers 6a. Ein Verbraucher 40, der eine bipolare Versorgungsspannung benötigt, kann nun direkt aus dem zweiten und dritten Energiespeicher 6b bzw. 6c versorgt werden.

Im Ausführungsbeispiel gemäß FIG 15 ist in Reihe zum selbstleitenden Halbleiterschalter 4 eine Stromerfassungseinrichtung 50, beispielsweise ein ohmscher Widerstand, geschaltet. Der Spannungsabfall über diesen Widerstand ist ein Maß für

den durch den selbstleitenden Halbleiterschalter 4 fließenden Strom I. Wenn dieser Strom höher als ein vorgegebener zulässiger Strom ist, wird eine bistabile Kippstufe einer in der ersten Ansteuereinheit 16 realisierten Schutzeinrichtung 60 so geschaltet, dass diese den selbstleitenden Halbleiterschalter 4 öffnet. Über einen Kondensator 62 wird sichergestellt, dass die bistabile Kippstufe beim Hochlauf kein Ausschalten des selbstleitenden Halbleiterschalters 4 veranlasst. Einige Zeit nach dem Ansprechen der Schutzeinrichtung 60 wird durch Last- und Leckströme die Spannung am ersten Energiespeicher 6a nicht mehr ausreichen, um den selbstleitenden Halbleiterschalter 4 zu sperren. Beim daraufhin erfolgenden Einschalten des selbstleitenden Halbleiterschalters 4 wird der erste Energiespeicher 6a wieder auf seine Betriebsspannung aufgeladen. Sofern von außen nicht ein Abschaltbefehl vorgegeben wird, wird der selbstleitenden Halbleiterschalter 4 über die Stromerfassung und die nachfolgend geschaltete Kippstufe wieder abgeschaltet. Dieser Vorgang kann sich beliebig oft wiederholen.

Im Ausführungsbeispiel gemäß FIG 16 ist der Hilfsschalter als pnp-Transistor 120 oder als p-Kanal-MOSFET 122 ausgebildet. Da der erste Energiespeicher 6a zu jedem Zeitpunkt ein Potential zur Verfügung stellt, das gegenüber dem Sourceanschluss 126 bzw. dem Emitteranschluss 124 negativ ist, können pnp-Transistor 120 und p-Kanal-MOSFET 122 über eine einfache Treiberstufe 128 angesteuert werden.

Im Ausführungsbeispiel gemäß FIG 17 ist der Hilfsschalter 12 als npn-Transistor 130 oder als n-Kanal-MOSFET 132 ausgebildet. In diesem Ausführungsbeispiele muss der Hilfsschalter 12 jedoch über eine Treiberstufe 138 angesteuert werden, die zu jedem Zeitpunkt ein Potential aufweist, das gegenüber dem Emitteranschluss 134 bzw. dem Source-Anschluss 136 positiv ist. Um dies zu ermöglichen wird die Treiberstufe 138 über die bereits zum Ausführungsbeispiel gemäß FIG 11 erläuterte zweite Energiespeicherschaltung 9b versorgt.

Schutzansprüche

1. Schaltungsanordnung zum Steuern der einer Last (2) zugeführten Leistung mit einem in Reihe zur Last (2) angeordneten steuerbaren selbstleitenden Halbleiterschalter (4) und einer in Reihe zur Last (2) angeordneten ersten Energiespeicherschaltung (9a), die einen ersten Energiespeicher (6a) und einen in Reihe dazu geschalteten ersten Gleichrichter (8a) umfasst, wobei ein Anschluss des ersten Energiespeichers (6a) mit demjenigen Anschluss des selbstleitenden Halbleiterschalters (4) verbunden ist, auf dessen Steuerpotential bezogen ist, und zu der parallel ein steuerbarer Hilfsschalter (12) angeordnet ist, wobei dem selbstleitenden Halbleiterschalter (4) und dem Hilfsschalter (12) eine vom ersten Energiespeicher (6a) versorgte Steuerschaltung (14) zugeordnet ist, die den Hilfsschalter (12) schließt bzw. öffnet, wenn die Spannung (U) am ersten Energiespeicher (6a) einen vorgegebenen ersten Wert ($U_{ref} + \Delta U_1$) überschreitet bzw. einen vorgegebenen zweiten Wert ($U_{ref} - \Delta U_2$) unterschreitet.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, bei der sich erster und zweiter Wert ($U_{ref} + \Delta U_1$, $U_{ref} - \Delta U_2$) unterscheiden.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, deren Steuerschaltung (14) den steuerbaren Hilfsschalter (12) nur dann schaltet, wenn der selbstleitende Halbleiterschalter (4) geöffnet ist.

4. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der Mittel zum Korrigieren der Einschaltdauer des selbstleitenden Halbleiterschalters (4) in Abhängigkeit vom Schaltzustand des Hilfsschalters (12) vorgesehen sind.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, bei der die Einschaltdauer (Tastverhältnis) des selbstleitenden Halbleiterschalters (4) bei geöffnetem Hilfsschalter (12) erhöht ist.

6. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, bei der die Steuerschaltung (14) eine Überwachungseinrichtung zum Überwachen der Spannung des ersten Energiespeichers und zum Erzeugen eines Schaltsignals (S1) zum Schließen des selbst-

5 leitenden Halbleiterschalters (4) umfasst, wenn diese bei geöffnetem Hilfsschalter (12) einen vorgegebenen Grenzwert unterschreitet.

7. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit bei der als selbstleitender Halbleiterschalter (4)

10 ein SiC-VJFET vorgesehen ist.

8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7, bei der der SiC-VJFET strombegrenzend ist.

15

9. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der als erster Energiespeicher (6a) ein Kondensator vorgesehen ist.

10. Schaltungsanordnung nach Anspruch 9, bei der die Resonanzfrequenz des aus einem induktiven Anteil der Last (2) und dem Kondensator gebildeten Schwingkreises sehr viel kleiner als die niedrigste Schaltfrequenz des selbstleitenden Halbleiterschalters (4) ist.

25

11. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der dem Hilfsschalter (12) eine zweite Energiespeicherschaltung (9b) parallel geschaltet ist, die einen zweiten Energiespeicher (6b) sowie einen in Reihe dazu geschalteten

30 zweiten Gleichrichter (8b) umfasst.

12. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11, bei der dem ersten Gleichrichter (8a) eine dritte Energiespeicherschaltung (9c) parallelgeschaltet ist, die gemeinsam mit der zweiten Energiespeicherschaltung (9b) eine bipolare Versorgungsspannung

35 erzeugt.

13. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der eine Schutzeinrichtung (60) zum Erfassen des durch den selbstleitenden Halbleiterschalter fließenden elektrischen Stromes (I) vorgesehen ist, die ein Steuersignal (S1) zum Öffnen des selbstleitenden Halbleiterschalters (4) generiert, wenn dieser Strom (I) einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

14. Schaltungsanordnung nach Anspruch 13, deren Schutz-
einrichtung eine bistabile Kippstufe umfasst.

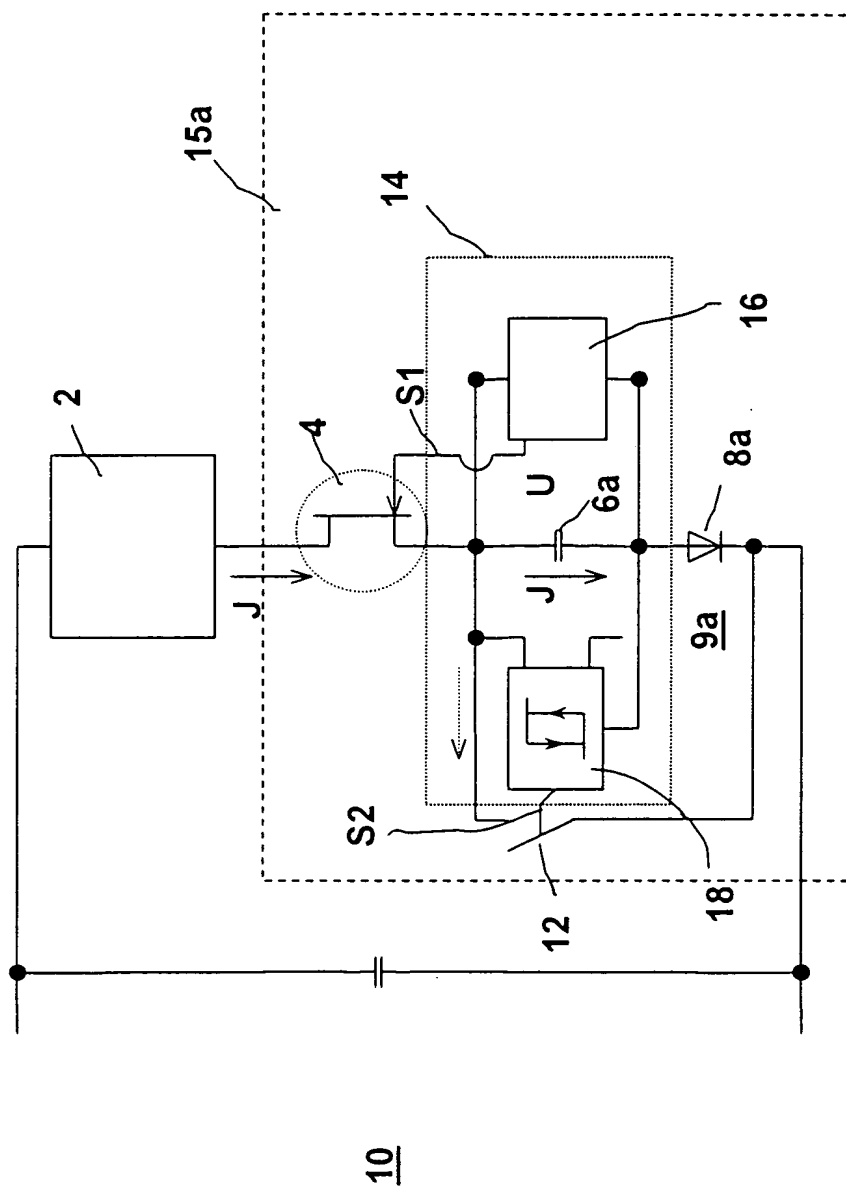


Fig. 1

2/15

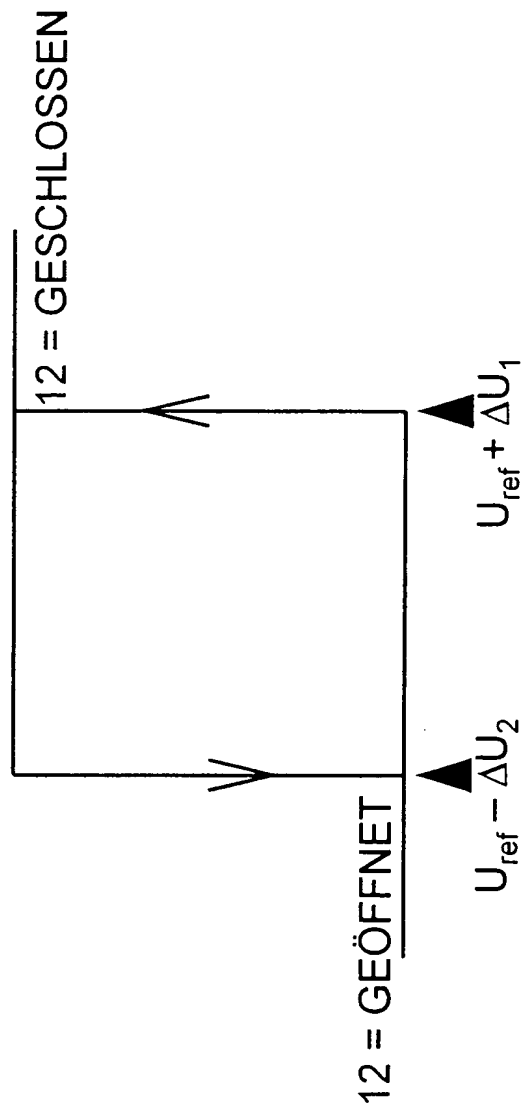


Fig. 2

3/15

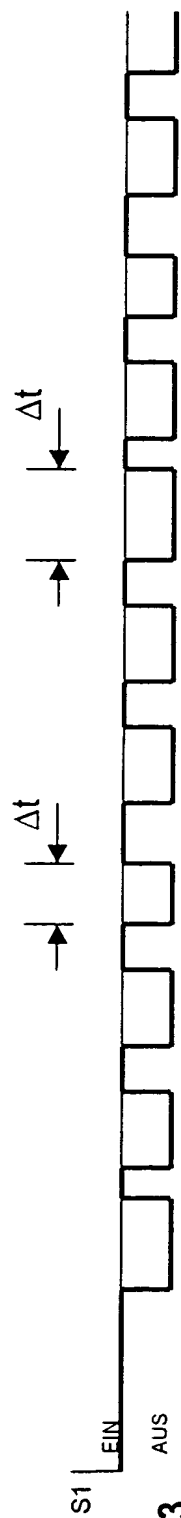


Fig. 3

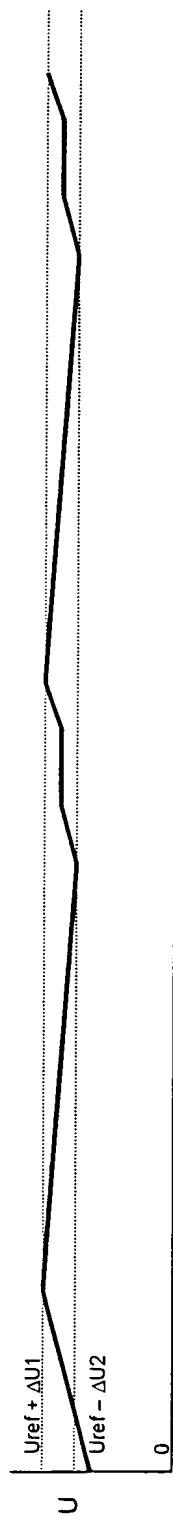


Fig. 4

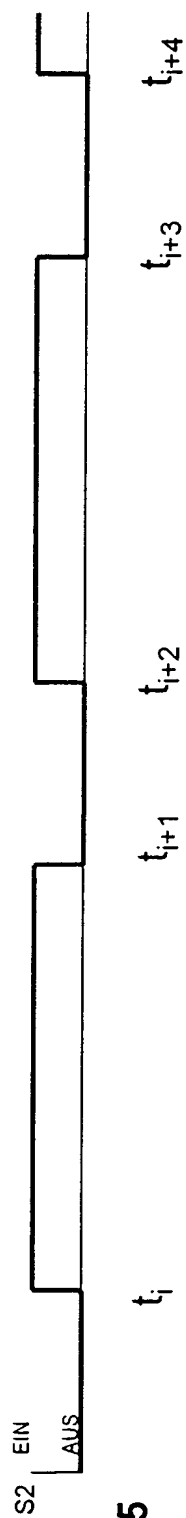


Fig. 5

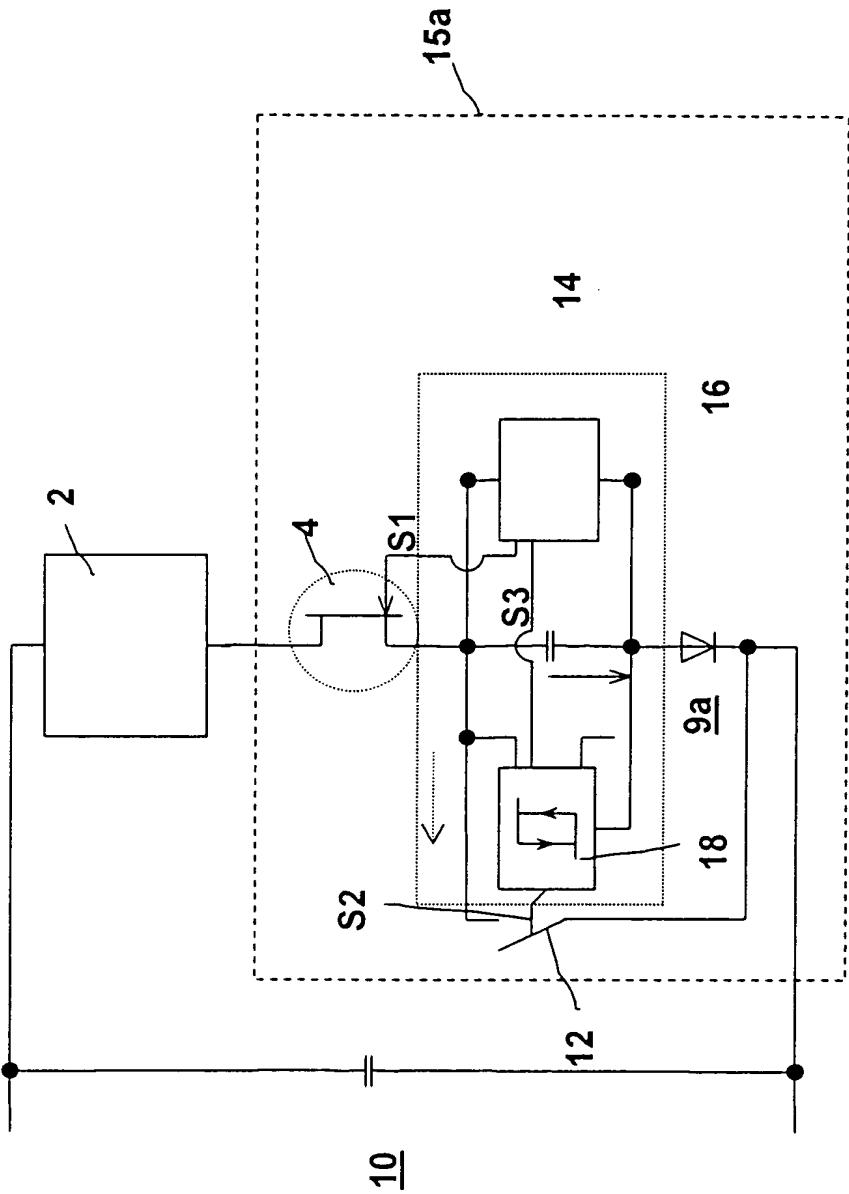


Fig. 6

5/15

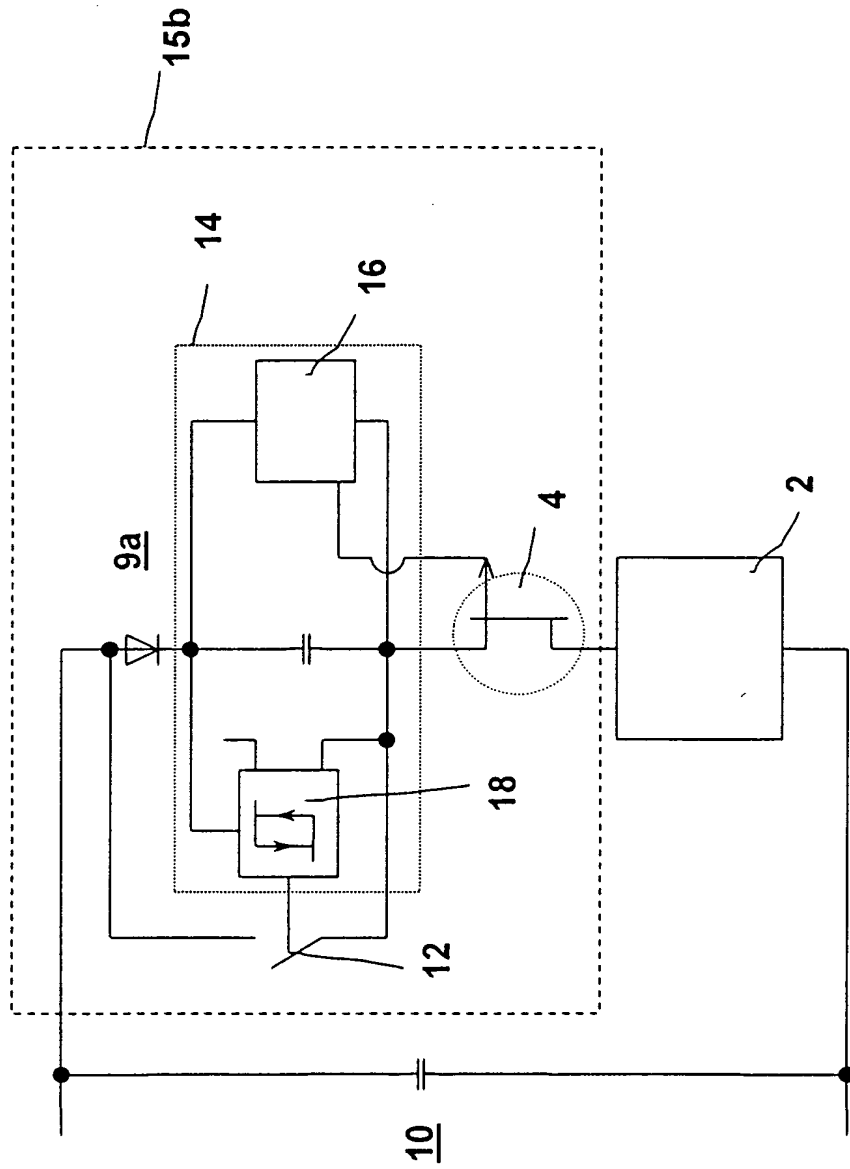


Fig. 7

6/15

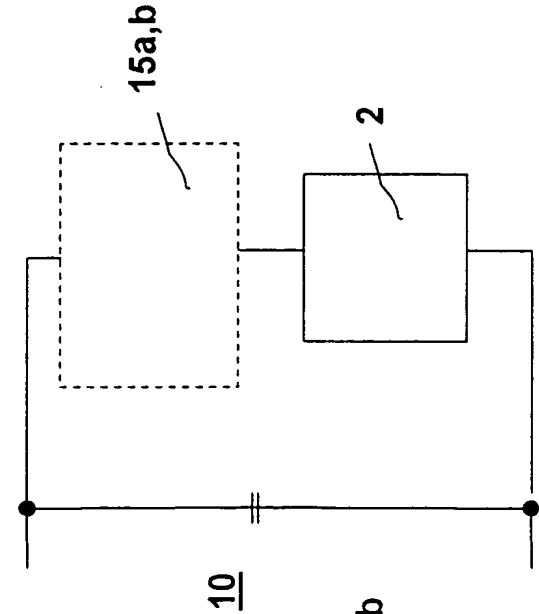


Fig. 8a

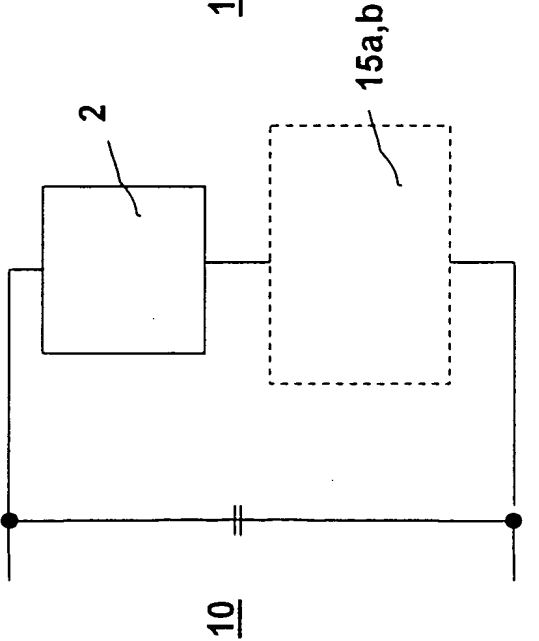


Fig. 8b

7/15

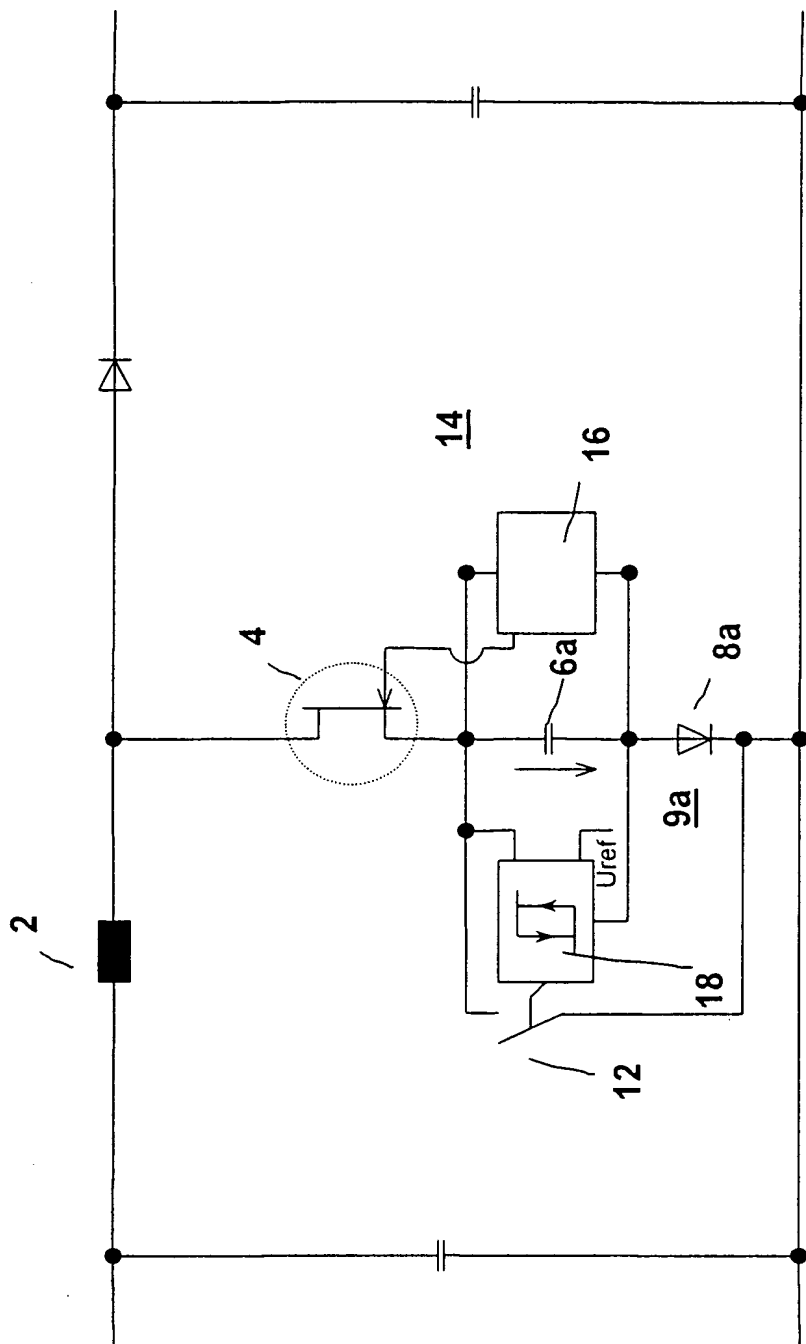


Fig. 9

8/15

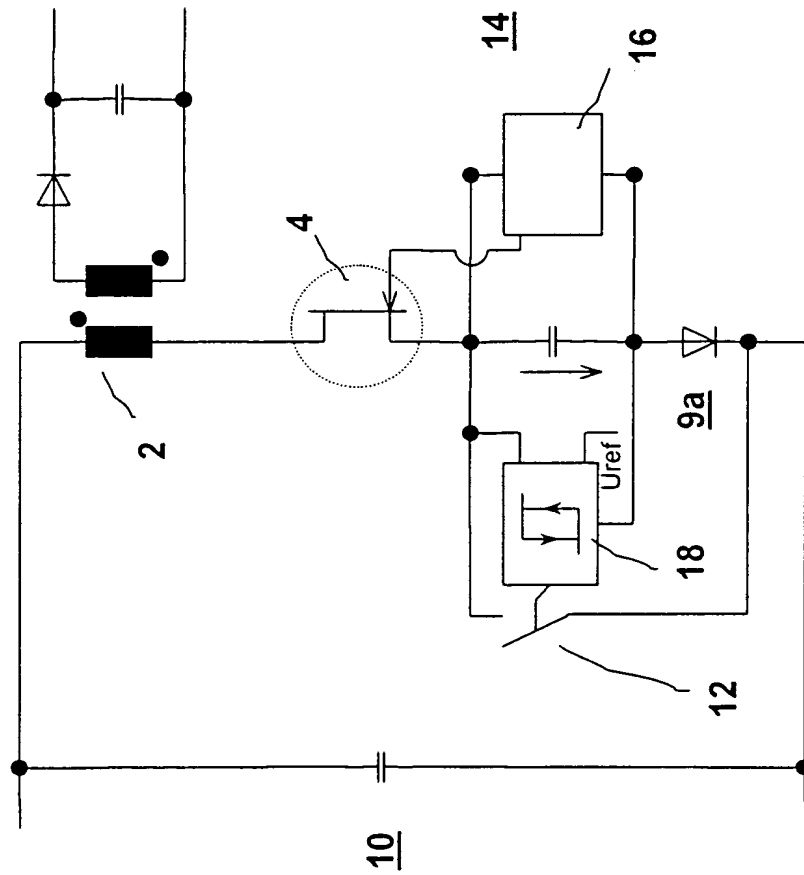


Fig. 10

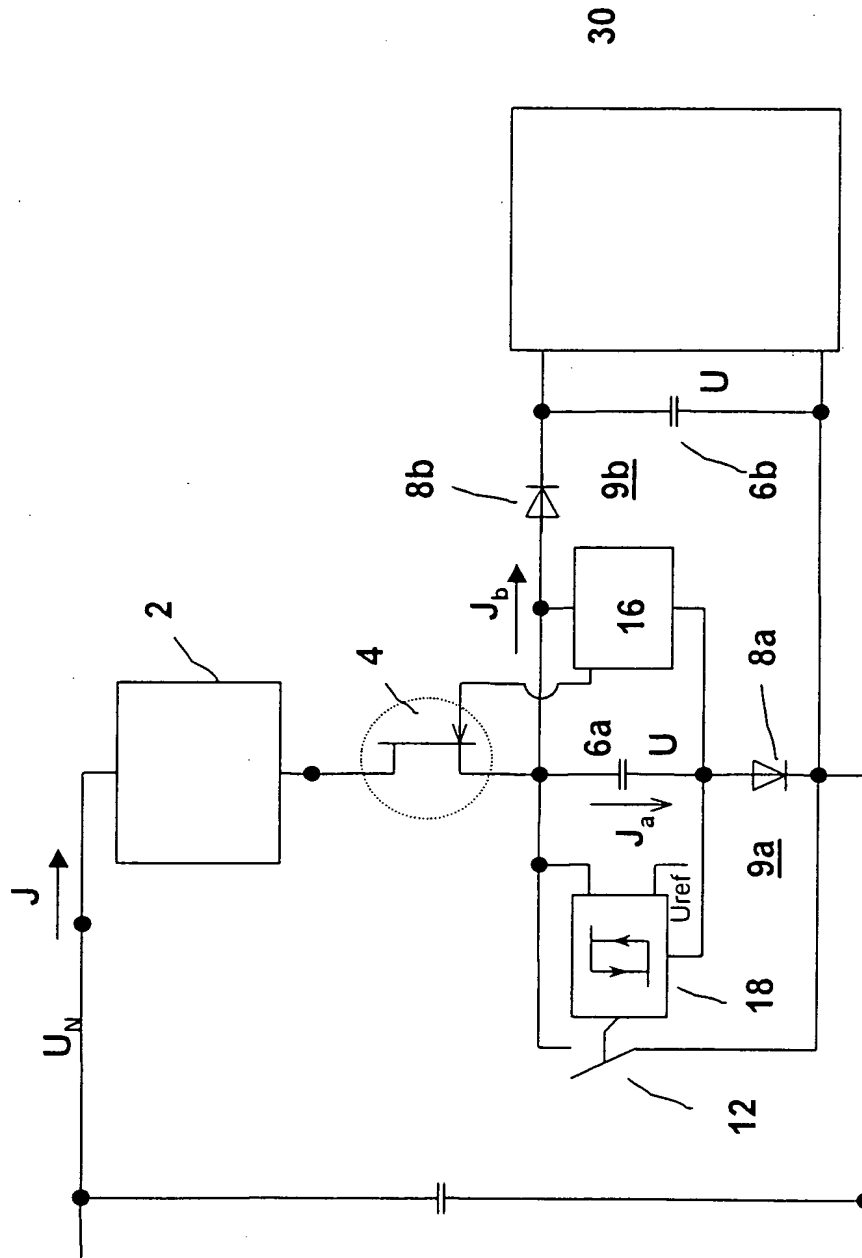


Fig. 13

12/15

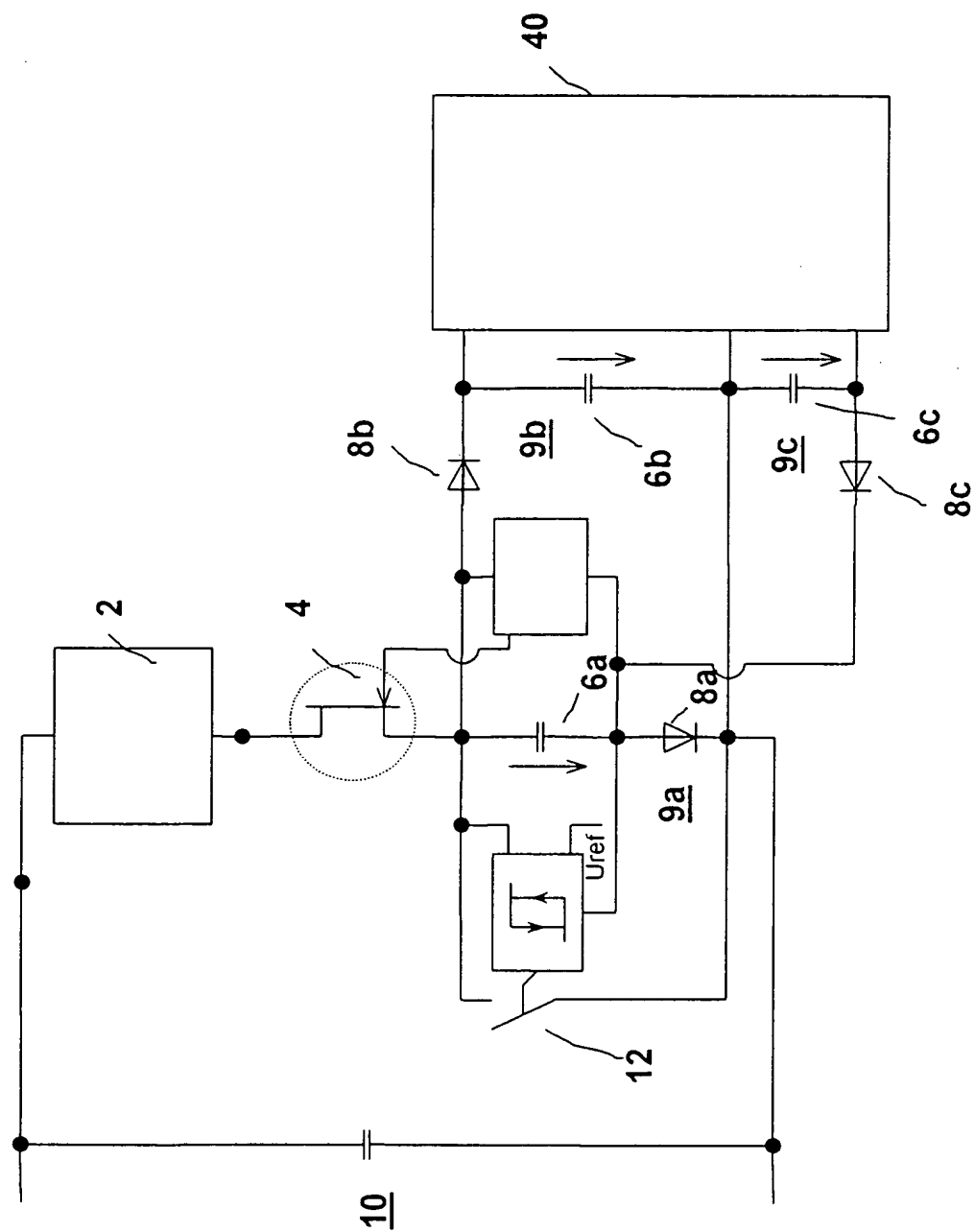


Fig. 14

13/15

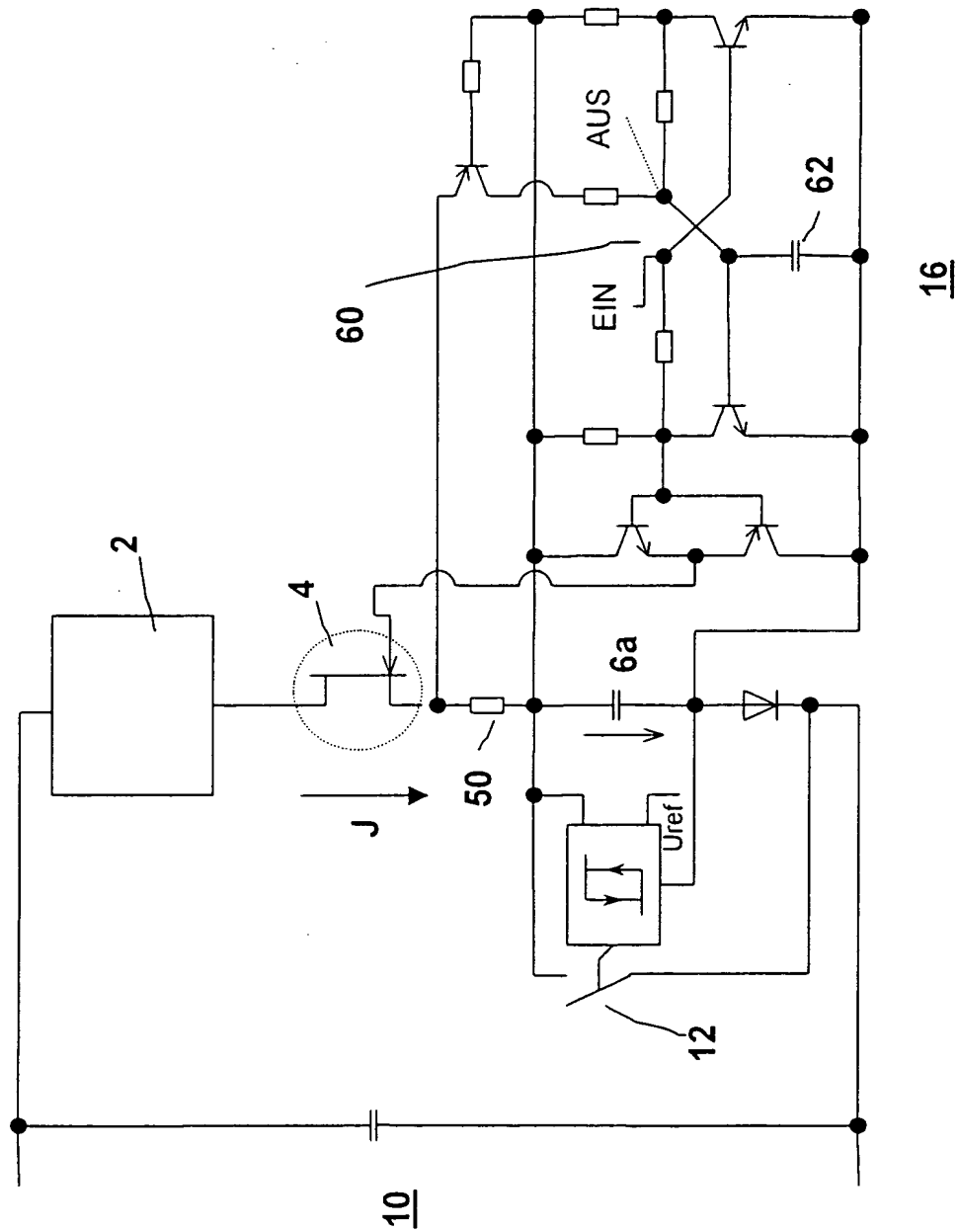


Fig. 15

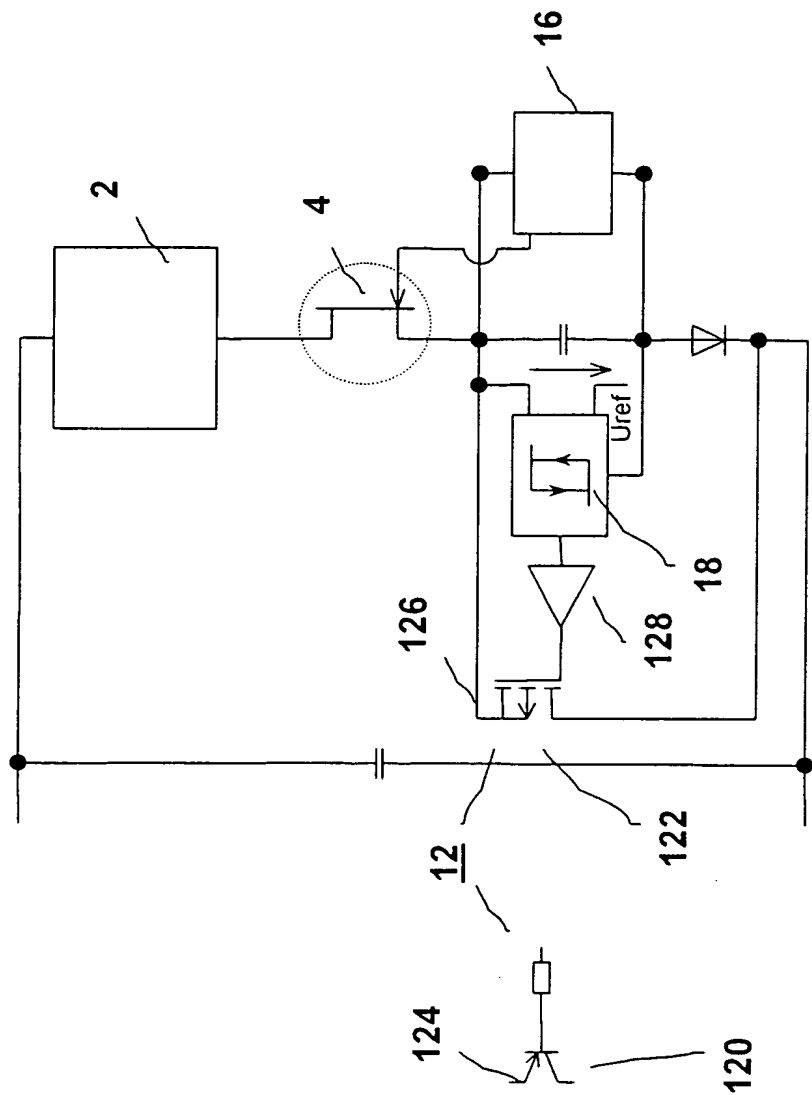


Fig. 16

15/15

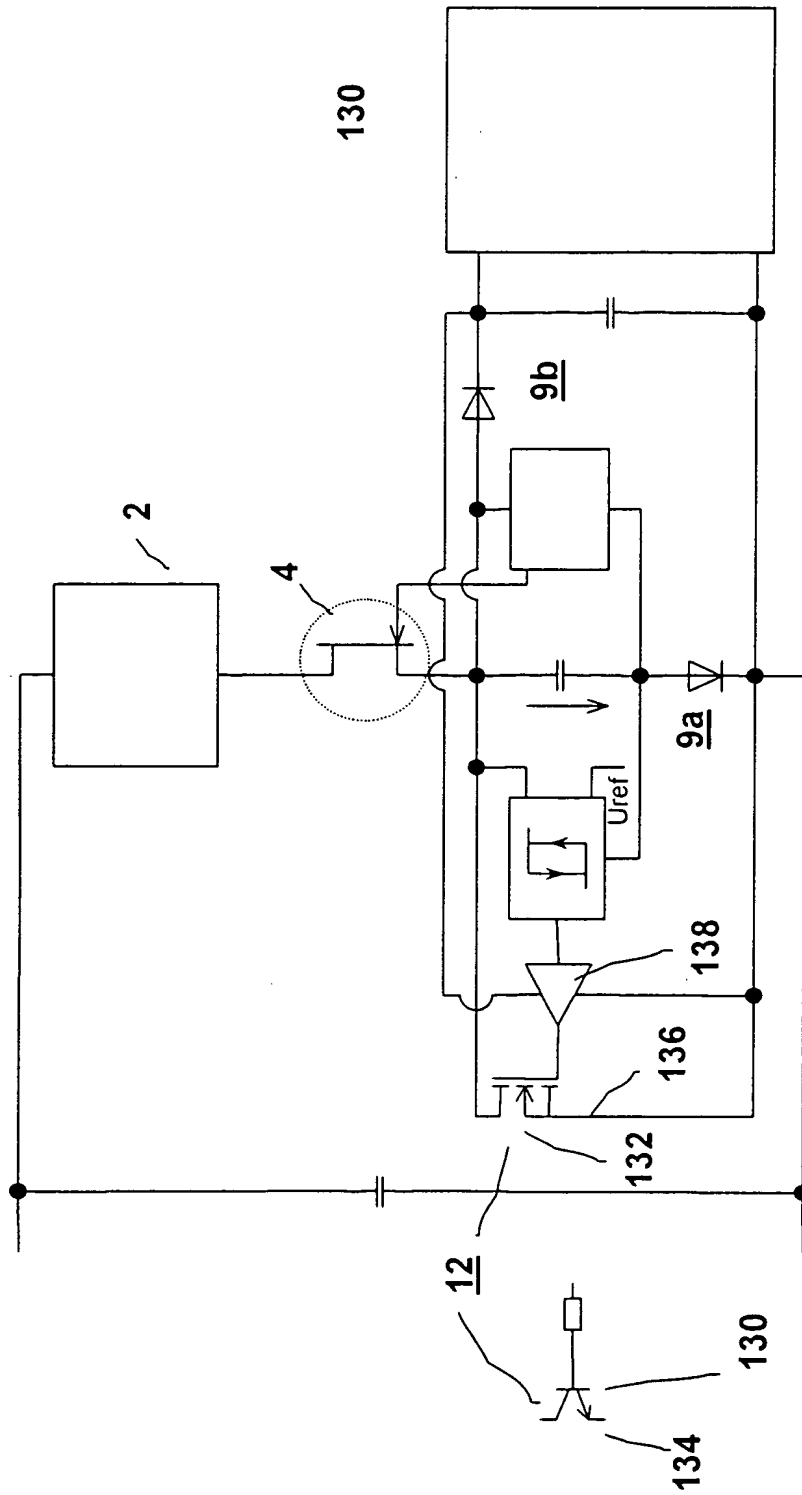


Fig. 17